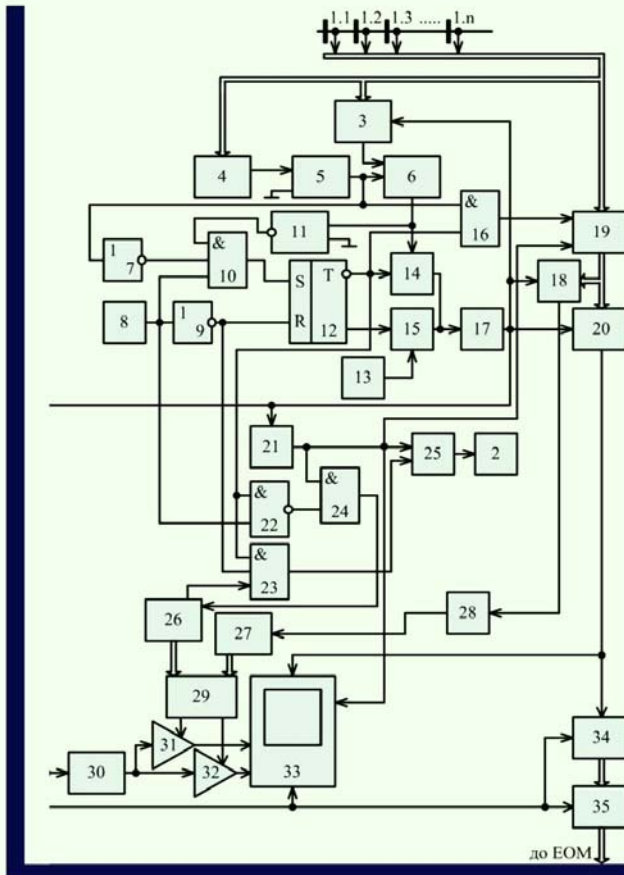


В. В. Грабко, В. В. Грабко

МЕТОДИ І ЗАСОБИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ, ЩО ОБЕРТАЮТЬСЯ, ЗА ТЕПЛОВИМИ ПОЛЯМИ



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

В. В. Грабко, В. В. Грабко

**МЕТОДИ І ЗАСОБИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ,
ЩО ОБЕРТАЮТЬСЯ, ЗА ТЕПЛОВИМИ ПОЛЯМИ**

Монографія

УНІВЕРСУМ-Вінниця

2008

УДК 621.384.3

Г 75

Рецензенти:

Р. Н. Кветний, доктор технічних наук, професор

В. О. Стороженко, доктор технічних наук, професор

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 10 від 27.03.2008 р.)

В. В. Грабко, В. В. Грабко

Г 75 Методи і засоби для дослідження об'єктів, що обертаються, за тепловими полями: Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 155 с.

ISBN 978-966-641-258-7

В монографії здійснено огляд та аналіз існуючих методів і засобів тепловізійного діагностування електрообладнання засобами інфрачервоної техніки. Описані розроблені авторами нові математичні моделі відновлення тепловізійного портрету електрообладнання та побудовані на їх основі пристрої, що дозволяють визначати технічний стан об'єкта дослідження за результатами вимірювань теплових полів.

Книга розрахована на інженерно-технічних працівників електротехнічної промисловості та електроенергетики, що займаються експлуатацією електричного обладнання, а також може бути корисною студентам та аспірантам ВНЗ.

УДК 621.384.3

ISBN 978-966-641-258-7

© В. Грабко, В. Грабко, 2008

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ З ПИТАНЬ ТЕПЛОВІЗІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ	8
1.1. Методи і засоби тепловізійного діагностування електрообладнання	10
1.2. Методи і засоби тепловізійного діагностування об'єктів, що обертаються під час роботи	20
1.3. Класифікація тепловізійних засобів для діагностування електрообладнання	36
1.4. Висновки та постановка задачі дослідження	38
РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ ТЕПЛОВИХ ПОЛІВ ОБ'ЄКТІВ, ЩО ОБЕРТАЮТЬСЯ	40
2.1. Математичні моделі пристроїв для діагностування об'єктів, що обертаються	40
2.1.1. Математична модель тепловізійного пристрою, швидкість сканування поля якого наближається до швидкості об'єкта	40
2.1.2. Математична модель тепловізійного пристрою для відновлення портрета теплового поля об'єкта	42
2.1.3. Математична модель тепловізійного пристрою, швидкість сканування якого перевищує швидкість обертання об'єкта	47
2.2. Математична модель для врахування факторів зовнішнього впливу під час тепловізійних вимірювань	49
2.3. Застосування генетичних алгоритмів для врахування факторів зовнішнього впливу під час тепловізійних вимірювань	56

2.4. Математична модель для діагностування стану ізоляції об'єкта, що обертається, за його тепловим портретом.....	61
РОЗДІЛ 3. СИНТЕЗ СТРУКТУРНИХ СХЕМ ПРИСТРОЇВ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ, ЩО ОБЕРТАЮТЬСЯ.....	67
3.1. Вибір математичного апарату, придатного для розв'язання задачі синтезу структури тепловізійного контролю.....	67
3.2. Синтез структур пристроїв для тепловізійного діагностування об'єктів, що обертаються.....	70
3.3. Синтез структур тепловізійних пристроїв для діагностування роторів та статорів електричних машин.....	84
3.3.1. Синтез структури тепловізійного пристрою для діагностування роторів електричних машин.....	84
3.3.2. Синтез структури тепловізійного пристрою для діагностування статорів електричних машин.....	93
3.4. Синтез структури пристрою для врахування впливу зовнішніх факторів при тепловізійних дослідженнях.....	95
РОЗДІЛ 4. МІКРОПРОЦЕСОРНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ОЦІНКА ПОХИБКИ СИНТЕЗОВАНИХ ПРИСТРОЇВ.....	106
4.1. Мікропроцесорний засіб для тепловізійного діагностування об'єктів, що обертаються.....	107
4.2. Мікропроцесорний засіб для тепловізійного діагностування роторів електричних машин.....	112
4.3. Оцінка похибок першого і другого роду при визначенні температури точок теплового портрета електрообладнання.....	115
ВИСНОВКИ.....	120
ЛІТЕРАТУРА.....	122
Додаток А.....	142
Додаток Б.....	143
Додаток В.....	148
Додаток Г.....	151

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЦП	аналого-цифровий перетворювач
БОП	блок оперативної пам'яті
ВКБ	відеоконтрольний блок
ЕОМ	електронно-обчислювальна машина
ЗБ	запам'ятовуючий блок
ІЧ	інфрачервоний
КД	кроковий двигун
ПВЗ	пристрій вибірки-зберігання
ПЗБ	постійний запам'ятовуючий блок
ФН	функція належності
ЦАП	цифро-аналоговий перетворювач

ВСТУП

В сучасних умовах економічного розвитку нашої держави постає питання продовження терміну служби всього енергоємного обладнання, зокрема електроенергетичного. Ті капіталовкладення, які здійснюються в теперішній час в електроенергетичну галузь, є незначними і не вирішують загальної проблеми надійної експлуатації електрообладнання, яке в переважній більшості було введено в роботу ще в радянські часи.

Очевидно, що повне зняття з експлуатації електрообладнання, яке відпрацювало нормативний термін, неможливе, особливо якщо воно знаходиться в задовільному стані і може попрацювати ще деякий час. З іншого боку, експлуатація такого обладнання є небезпечною і може мати важкі наслідки. Тому постає питання експлуатації електрообладнання за технічним станом, що передбачає здійснення його діагностування в процесі роботи.

Для діагностування електрообладнання застосовуються різні методи та засоби. Як показує досвід, не існує єдиних підходів до визначення технічного стану того чи іншого виду електрообладнання. В деяких випадках таке діагностування взагалі здійснити неможливо.

Відомо, що в багатьох випадках для визначення технічного стану електрообладнання необхідно виводити з роботи. Одним із підходів до діагностування електрообладнання, який особливо інтенсивно розвивається в останні роки, є застосування тепловізійних методів визначення технічного стану електрообладнання. Переваги такого підходу очевидні, оскільки тепловізійні методи придатні для виявлення дефектів будь-якого електрообладнання дистанційно та без виведення його з роботи. Але на тепловізійні вимірювання мають вплив фактори навколишнього середовища, які спотворюють загальну інформацію про тепловий портрет об'єкта дослідження, а отже і про його технічний стан. До таких факторів впливу відносяться температура навколишнього середовища, швидкість вітру, вологість, прозорість середовища тощо.

Тепловізійні обстеження електричних машин в процесі їх роботи мають специфічний характер. Очевидно, що теплове поле

ротора, що обертається, неможливо отримати за допомогою звичайних тепловізійних засобів, які дозволяють вимірювати статичні теплові поля.

Крім того, в процесі роботи електричних машин навіть при наявності спеціальних тепловізійних засобів неможливо отримати інформацію про дефекти, що розвиваються в обмотках електричних машин в точках, недоступних безпосередньо для тепловізійного вимірювання.

Вказані проблеми обумовлюють актуальну наукову задачу – підвищення точності та розширення функціональних можливостей тепловізійних пристроїв за рахунок удосконалення їхніх елементів та структур.

Дослідженню та створенню методів та засобів тепловізійного діагностування присвячена велика кількість робіт, авторами яких є В. О. Стороженко, С. О. Воронов, Б. І. Мокін, А. Б. Власов, В. Г. Аракелян, В. П. Вавілов, В. В. Ключев, В. О. Порєв, Д. А. Рапопорт та багато інших.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ З ПИТАНЬ ТЕПЛОВІЗІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Відомо, що працездатність електрообладнання визначається його технічним станом і є пов'язаною із залишковим робочим ресурсом.

В теперішній час процес діагностування технічного стану є складним і мало автоматизованим.

Метою технічного діагностування електрообладнання є забезпечення оптимальної економічної його експлуатації при забезпеченні потрібної надійності і зменшенні до мінімуму витрат на технічне обслуговування та ремонт [1].

Цієї мети можна досягти, відслідковуючи технічний стан електрообладнання в процесі експлуатації.

Задачі технічної діагностики в системі експлуатації електрообладнання полягають у встановленні необхідності заміни змінних деталей і вузлів, проведенні регулювання, виконанні поточних та капітальних ремонтів, якості їх виконання, встановленні причин можливих відмов електрообладнання [2].

Очевидно, що будь-яка відмова електрообладнання, що викликає створення аварійної ситуації, призводить до значних втрат, пов'язаних із призупиненням електропостачання, псуванням обладнання та продукції тощо.

В сучасних умовах в експлуатації електрообладнання здійснено перехід від системи планово-попереджувальних ремонтів, згідно з якою технічне обслуговування і ремонт електричного обладнання здійснювалось через певні встановлені терміни, до системи обслуговування за технічним станом електричного обладнання [3].

Переваги такого підходу очевидні, оскільки відпадає необхідність виконання комплексу профілактичних робіт на обладнанні, яке має задовільний технічний стан. Відомо, що будь-яке втручання в електрообладнання, проведене навіть фахівцями високого рівня, призводить до зниження надійності і зменшення терміну служби, оскільки при цьому порушуються з'єднання і відбувається

нове припрацювання деталей, що супроводжується інтенсивним спрацюванням елементів конструкцій. Крім того, в процесі виконання робіт можливе ушкодження окремих деталей та вузлів.

Перехід до технічного обслуговування за станом передбачає необхідність отримання додаткової інформації про об'єкт, що експлуатується, а це досягається декількома шляхами. Наприклад, для отримання певної інформації об'єкт контролю оснащується рядом додаткових сенсорів, сигнали з яких виводяться в систему збору і обробки інформації.

Одним із ефективних методів визначення технічного стану обладнання є застосування тепловізійної техніки [4–7], яка дозволяє за тепловими портретами робити висновки про технічний стан обладнання.

Для енергетичної галузі застосування тепловізійної техніки є особливо актуальним, оскільки такий підхід дозволяє дистанційно встановлювати технічний стан обладнання, що має переваги з точки зору безпеки проведення досліджень на працюючому електричному обладнанні.

Слід зазначити, що тепловізійні дослідження широко застосовуються в різних сферах людської діяльності, зокрема для дистанційного неруйнівного контролю будівельних конструкцій [8], для контролю трубопроводів [9], труб поверхні нагріву котлів [10], поверхні турбін [11], теплопроводів [12], паропроводів [13], в системах пожежної сигналізації [14].

В роботах [15 – 20] показано широке застосування теплового неруйнівного контролю в машинобудуванні, металургії, електроніці, залізничному транспорті, нафтохімії, медицині, мистецтві, військовій техніці тощо.

1.1. Методи і засоби тепловізійного діагностування електрообладнання

Як зазначалось, серед методів та засобів неруйнівного контролю і технічної діагностики тепловий контроль займає важливе місце. Основними його перевагами є висока безпека роботи (дистанційний контроль), незначні експлуатаційні затрати, недороге технічне обслуговування, низькі інспекційні витрати [15].

Система технічного діагностування з використанням приладів інфрачервоної техніки забезпечує контроль стану обладнання та споруд без виводу їх з роботи, виявлення дефектів на ранній стадії, скорочення затрат на технічне обслуговування за рахунок прогнозування строків та об'єму ремонтних робіт [21].

За допомогою приладів інфрачервоної (ІЧ) техніки можна виявити та оцінити неполадки в генераторах, в силових трансформаторах та автотрансформаторах, в масляних та повітряних вимикачах, в вентильних розрядниках, в трансформаторах струму, в конденсаторах, в високочастотних загороджувачах, в кабельному господарстві електростанцій, на роз'єднувачах, на від'єднувачах та ін. Досвід енергосистем показує, що для якісного обстеження електрообладнання підстанцій необхідно мати портативні тепловізори з високою роздільною здатністю та комп'ютерною обробкою результатів вимірювання, а також необхідна висока кваліфікація оператора. При діагностуванні з використанням приладів ІЧ техніки повинні враховуватись конструкція обладнання, що контролюється, та режим його роботи. Так, при контролі електрообладнання результати вимірювань необхідно порівнювати з нормативними даними та враховувати не тільки струмові навантаження, але й зовнішній фактор: швидкість вітру, температуру навколишнього середовища, вологість, матеріал об'єкта, що досліджується, та ін.

Для огляду електрообладнання, виявлення зон нагріву та прискорення процесу контролю на підстанціях спочатку слід застосовувати тепловізор, а потім пірометр дальньої дії для визначення температури нагрітого тіла [22].

Набутий досвід тепловізійного обстеження електрообладнання

сформовано у вигляді нормативного документа [23].

В ряді робіт сконцентровано досвід і запропоновані підходи до тепловізійного діагностування електрообладнання.

Так, в роботі [22] вказується на застосування тепловізійного контролю високовольтного силового електрообладнання. В результаті аналізу виявлено, що більшість дефектів має місце через неякісні контактні з'єднання.

Досвід застосування ІЧ діагностування у ВАТ “Луганськобленерго” показує, що методами тепловізійного контролю виявляються дефекти на ранніх стадіях, коли традиційними методами спрогнозувати погіршення технічного стану об'єктів дослідження неможливо. Зазначається також виявлення випадків погіршення ізоляції, які не підтверджувались традиційними дослідженнями [24].

В роботі [25] зроблено висновок, що тепловізійне сканування доцільніше проводити, коли навантаження електрообладнання перевищує 40% і пропрацювало воно не менше 1 години. Виявлена обернено пропорційна залежність числа дефектних контактних з'єднань в залежності від класу напруги.

В ряді інших робіт [26–30] вказується на високу оперативність, мобільність діагностування електричного обладнання тепловізійним методом та виявлення дефектів, що розвиваються, на ранніх стадіях.

Надзвичайно ефективним є застосування тепловізійної техніки для дослідження стану повітряних ліній електропередач, внаслідок чого продуктивність праці зростає в 5–10 разів і більше [31–34]. Крім того, застосування тепловізора дозволяє здійснювати відбракування підвісних ізоляторів гірлянд.

Не менш ефективним є застосування тепловізійного діагностування до засобів захисту від перенапруг [35, 36], на яких покладені робочі функції в аварійних та перехідних режимах роботи електромереж.

Зазначимо, що наявність температурних аномалій є важливою ознакою появи дефекта.

При тепловізійному дослідженні високовольтних маслонаповнених вводів було зроблено висновок, що саме такий підхід дозволяє виявити пошкодження, що розвиваються, в той час як

типовий електричний та хроматографічний методи контролю не показують відхилень параметрів за допустимі межі [37, 38].

Тепловізійний контроль дозволяє виявити приховані внутрішні дефекти ізоляції силових трансформаторів. В роботах [39, 40] показано, що за допомогою тепловізора вдається виявляти яскраво виражені локальні нагрівання стінок бака трансформатора, що свідчить про локальне пошкодження ізоляції, яке можна виявити лише розбираючи конструкцію.

Не менш ефективним є тепловізійне діагностування систем охолодження силових трансформаторів. Тільки такий підхід дозволяє виявляти на працюючому обладнанні неефективність охолодження через забруднення ребер радіаторів, дефект циркуляційного маслососа, внаслідок чого температура підвищується, та ступінь забруднення фільтрів і патрубків, що призводить до перекосу в теплових полях системи охолодження [41–43].

В роботі [44] на прикладі високовольтних трансформаторів напруги пропонується підхід, який передбачає порівняння температурних значень об'єкта контролю, отриманих розрахунковим шляхом, з даними, отриманими при тепловізійному вимірюванні. Внаслідок виконаних дій визначаються розбіжності і робиться висновок про наявність або відсутність дефекту.

Для здійснення тепловізійних вимірювань застосовуються тепловізори як відомих зарубіжних виробництв (AGEMA, LAND, Flir Systems), так і виробників країн СНД (ЗАТ “Спектр”, НПВ “Оріон”, ЦНТИ “Електрон”, Даркос та інші) [31].

Методи та засоби отримання тепловізійної інформації в залежності від природи ІЧ випромінювання, що використовується системою для отримання корисної інформації, можна розділити на три великі групи: активні, пасивні та комбіновані [45, 46]. В ІЧ системах, робота в яких основана на активному методі, діагностований об'єкт опромінюється джерелом ІЧ випромінювання, параметри якого відомі. Системи, що працюють на основі пасивного методу отримання тепловізійної інформації, використовують власне випромінювання діагностованого об'єкта.

ІЧ системи, що використовують випромінювання об'єкта

освітленого природними джерелами, відносять до комбінованих. Випромінювання, що використовується для отримання інформації про об'єкт при такому методі, має дві складові: власне випромінювання та випромінювання від декількох джерел.

Найбільш широке розповсюдження отримали системи, що використовують пасивний метод завдяки невеликим габаритам, малій потужності споживання, зручності обслуговування і експлуатації та відносно низькій вартості.

Пасивні методи отримання тепловізійної інформації ґрунтуються на дистанційному вимірюванні параметрів потоку випромінювання об'єкта. До цих параметрів відносяться абсолютне значення цього потоку і його спектральний розподіл. В зв'язку з цим пасивні методи отримання тепловізійної інформації ділять на енергетичні і спектральні [47, 48].

Найбільше розповсюдження для задач діагностики отримали енергетичні методи, оскільки для своєї реалізації вони потребують найменшу кількість оптико-електронної апаратури (використовується один спектральний діапазон сприймання ІЧ випромінювання). Спектральні методи дають найменші похибки вимірювання температури, але на виготовлення засобів, що реалізують ці методи, потрібні великі затрати. Похибки, що виникають при використанні енергетичних методів, легко компенсувати за рахунок отримання апріорної інформації про випромінювальну здатність групи об'єктів діагностування.

В ряді робіт [49–57] наведені технічні характеристики тепловізорів провідних фірм світу, здійснено їх порівняльний аналіз, а також даються характеристики деяких тепловізорів, що виробляються в країнах СНД. Із літератури бачимо, що закордонні тепловізори мають ряд переваг – високу точність вимірювань та роздільну здатність, відсутність рухомих механічних частин, а отже, високу надійність, відсутність необхідності застосування охолоджувальних речовин тощо. Тепловізори ж вітчизняного виробництва мають задовільну точність роботи, а тому теж широко застосовуються в тепловізійних дослідженнях.

Слід зазначити, що вартість сучасних тепловізорів провідних

фірм світу вимірюється сотнями тисяч гривень, в той час як вартість тепловізорів країн СНД на порядок нижча.

Серед найпоширеніших методів тепловізійного контролю застосовується метод, що передбачає безпосереднє вимірювання ІЧ випромінювання за допомогою спеціальних сенсорів, які перетворюють інформацію, що надходить, в електричний сигнал з подальшою його обробкою [47,48].

Відомі методи вимірювання температури поверхні оптичними і ІЧ пірометрами [58], які дозволяють безконтактно здійснювати замірювання шляхом наведення чутливого елемента на об'єкт і реєстрації його теплового випромінювання. Але таким шляхом неможливо виміряти температуру одночасно по всій досліджуваній поверхні, оскільки кількість чутливих елементів обмежена.

В роботі [59] запропоновано метод вимірювання температури, який передбачає розкладання вимірюваного кольорового зображення на три колірні компоненти – червону, зелену і синю. Цифрові значення компонент порівнюються з еталоном і з найближчих значень визначається температура поверхні. Метод дозволяє отримувати високу роздільну здатність, але застосовується переважно в металургії.

Інший метод вимірювання температури, який передбачає вимірювання випромінювання об'єкта, що реєструється під кутом до нормалі поверхні випромінювання, рівному повному куту падіння, з подальшою модуляцією та обробкою ортогонально поляризованих компонент випромінювання об'єкта [60]. Метод має обмеження, оскільки застосовується лише для оптично гладких поверхонь.

Відомий метод вимірювання температури [61], згідно з яким температура визначається по відношенню до інтенсивності монохроматичного випромінювання і першої похідної інтенсивності випромінювання по довжинах хвиль, яка береться для значення тієї ж довжини хвилі, що і величина інтенсивності монохроматичного випромінювання.

Недоліком реалізації такого методу є залежність вимірювань від кута направлення на джерело випромінювання, оскільки при зміні цього кута змінюється положення зображення спектра

випромінювання поверхні детектора спектра випромінювання.

Для дистанційного вимірювання температури шляхом опромінення сенсора з фотопровідного матеріалу зі зміною опору останнього, в роботі [62] запропоновано метод тепловізійного вимірювання, обмеженням якого є низька максимальна швидкість сканування об'єкта, обумовлена великим часом регенерації термочутливого шару сенсора.

В роботі [47] викладено метод вимірювання температури, ідея якого полягає у зміні товщини тонкої масляної плівки від температури ІЧ випромінювання, що реєструється, яка змінює температуру масляної плівки. Швидкість випаровування масла, а отже, і товщина плівки залежить від температури. При цьому масляна плівка додатково освітлюється однорідним потоком видимого світла. Інтерференційна картина, що спостерігається, залежить від товщини масляної плівки, а отже, і від температури.

Недоліком такого методу є необхідність періодично відновлювати масляну плівку через випаровування масла.

Слід зазначити, що наведений метод реалізується у евапорографах.

Відомий метод безконтактного вимірювання температури [63], який полягає у вимірюванні інтенсивності власного випромінювання об'єкта не менш, ніж при трьох температурах в декількох спектральних інтервалах, причому замість однієї з інтенсивностей може вимірюватись повне випромінювання, яке описується законом Стефана–Больцмана. Число виміряних інтенсивностей та кількість значень температур, при яких здійснюються вимірювання, повинні відповідати кількості невідомих параметрів, що визначають інтенсивність випромінювання.

Процедура визначення температури цим методом вимагає тривалого проміжку, спеціальних умов, а тому застосовується тільки в спеціальних вимірюваннях.

Для реалізації методів тепловізійного контролю об'єктів розроблені різноманітні структури тепловізійних пристроїв.

Так, в ряді робіт [64–71] запропоновано конструкції тепловізорів, які мають незначні відмінності в структурах, але в

загальному спільний принцип дії. В них ІЧ сигнал з об'єкта контролю надходить на опто-електронну систему прийому сигналу з опто-механічною розгорткою, звідки електричний сигнал через різноманітні фільтри та перетворювачі, що покращують певні характеристики тепловізорів, подається на відеоконтрольний блок (ВКБ), який забезпечує виведення сигналу в зручній для спостереження формі. В окремих структурах мають місце блоки, що забезпечують збереження отриманої інформації.

Відома конструкція тепловізора із зонним скануванням [72], особливістю якого є застосування в опто-механічній розгортці багатогранної призми, яка обертається в процесі сканування об'єкта.

Основним обмеженням запропонованої структури є суттєве погіршення якості зображення при обертанні скануючої призми.

Відомий пристрій для вимірювання температури [73], який дозволяє визначати температуру контрольованого об'єкта з ефективною довжини хвилі пропускання переналагоджувального монохроматора в момент порівняння енергії випромінювання в фіксованому довгохвильовому спектральному інтервалі та енергії випромінювання, що потрапляє на фотоприймач після переналагоджувального монохроматора.

Подібним чином працює пристрій для вимірювання температури [74], принцип роботи якого полягає у розкладанні спектра досліджуваного випромінювання за допомогою монохроматора та визначенні довжини хвилі, при якій інтенсивність випромінювання на виході монохроматора є максимальною.

Обмеженням цих двох пристроїв є наявність значної методичної похибки вимірювань температури та специфічна галузь застосування – в електроламповому виробництві та металургії.

В роботі [75] запропоновано структуру тепловізора, в якій реалізовано блок відображення інформації, що дозволяє створювати ефект квазіоб'ємності (рельєфності) панорамної картини випромінювання досліджуваного об'єкта. Ця розробка орієнтована в основному на дослідження процесів горіння.

Відомий пристрій для безконтактного вимірювання температури [76], в якому передбачається вимірювання ІЧ випромінювання та

розкладання його на три спектральних потоки з подальшим їхнім порівнянням і визначенням фактичної температури об'єкта контролю. Метод, що реалізований в цьому пристрої, має обмеження, обумовлене складністю зрівняння контрольованих температур по трьох вимірних попередньо спектральних потоках. Крім того, такий підхід дозволяє застосування вказаного пристрою для вимірювання температур в металургії, скловарному виробництві тощо.

Відома група тепловізійних пристроїв [77–79], особливістю яких є застосування в якості ІЧ сенсора багатоелементного приймача випромінювання. Такі пристрої дозволяють покращити якість зображення, оскільки компенсується нерівномірність стрічок растру, але сам багатоелементний приймач, як і систему розгортки зображення реалізувати складно, що обмежує їх застосування.

В роботі [80] запропоновано структуру тепловізора, в якому з метою спрощення приймача теплового випромінювання він реалізований в матричній формі на основі піроелектричних детекторів. Складністю реалізації такої конструкції є проблема підбору детекторів з однаковими технічними характеристиками.

Іншим типом пристрою для вимірювання температури є тепловізор з матричним ІЧ приймачем, сигнал на який потрапляє після обробки ІЧ випромінювання об'єкта в блоці спектрального розкладання. Певним обмеженням такого підходу є складність досягнення інваріантності пристрою для динамічної зміни кута направлення на джерело випромінювання [81].

Матричний тепловізор, що містить фотоприймальну матрицю з креостатною системою охолодження, вихідні сигнали якої попередньо обробляються в електронних блоках з подальшим комп'ютерним аналізом, опубліковано в роботі [82]. Відзначається ряд позитивних технічних характеристик такого пристрою та широка галузь застосування.

Аналогічний тепловізійний пристрій, що містить фотоприймальну матрицю, креостат та електронний блок обробки сигналів, який під'єднаний до комп'ютера, описано в роботі [83]. Основним обмеженням цього пристрою є невисока контрастність зображення при вимірюванні неоднорідно розподілених температур в

діапазоні 20–40°C, що знижує область його застосування.

Пристрої для реєстрації теплового випромінювання, принцип дії яких полягає у визначенні температури об'єкта опосередковано через ємність конденсатора, яка змінюється внаслідок зміни геометрії конденсатора під впливом теплового випромінювання, розроблені в роботах [84–87]. Кожен із цих тепловізорів має свої особливості реалізації, але всі вони мають спільне обмеження – висока складність реалізації термочутливого елемента, роль якого виконує конденсатор спеціальної конструкції, одна із обкладок якого переміщується під дією ІЧ випромінювання.

Слід зазначити, що для дистанційного вимірювання температури використовуються пірометри [88–91], але вони дозволяють вимірювати температуру лише в конкретних точках і не дають цілісного теплового портрета об'єкта дослідження. Практика експлуатації тепловізійних засобів показує, що пірометри в переважній більшості застосовуються для ідентифікації окремих місць досліджуваних об'єктів після температурного контролю за допомогою тепловізорів.

Всі вищезазначені тепловізійні пристрої мають спільне обмеження – вони не дозволяють однозначно зробити висновок про температуру діагностованого електрообладнання в залежності від його завантаження та ступеня впливу факторів навколишнього середовища.

Сучасні тепловізори дозволяють вимірювати теплові поля з точністю до 0,1°C, а отже відповідно здійснювати діагностування електрообладнання, завантаження якого не перевищує 5 %.

В теперішній час в енергосистемах використовуються рекомендації, згідно з якими перепад значень температури, приведеної до 50 % або 100 % завантаження електрообладнання, пропорційний квадрату струму [92]

$$\frac{\Delta T_x}{\Delta T_0} = \left(\frac{I_n}{I_\phi} \right)^2,$$

де ΔT_x – прогнозоване перевищення температури поверхні об'єкта при номінальному струмі I_n ; ΔT_0 – виміряне перевищення

температури поверхні об'єкта при реальному струмі I_{ϕ} .

Відомо, що в процесі досліджень на результати вимірювання теплових полів можуть впливати – температура навколишнього середовища, вологість, швидкість вітру, прозорість середовища, габарити об'єкта тощо. Очевидно, що складно порівняти результати досліджень, отримані для одного і того ж об'єкта, наприклад в умовах низької температури і високої швидкості вітру та за умов відсутності вітру і малої прозорості середовища.

Нормативні документи [23, 92–94] не дають рекомендацій щодо швидкості впливу вітру на температуру досліджуваної поверхні об'єкта, хоча вплив вітру очевидний. Не містять зазначені матеріали рекомендацій відносно врахування інших факторів впливу.

В роботі [95] наведена емпірична формула, яка дозволяє враховувати вплив швидкості вітру на результати вимірювань

$$\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{0,448} .$$

Застосування цієї формули можливе, якщо вимірювання перевищення температури об'єкта ΔT_2 здійснювались при швидкості вітру V_2 , а перерахунок на безвітряну погоду ($V_1=0$) дозволяє отримати скориговане значення температури ΔT_1 .

Реальні визначення температури об'єкта контролю за наведеними формулами з врахуванням завантаження обладнання та швидкості вітру при вимірюваннях дають похибки вимірювань 200 % і більше.

Подібна оцінка таким підходам викладена в роботах [96, 97].

В роботі [42] зазначається про необхідність врахування факторів впливу при здійсненні тепловізіяних досліджень.

В статтях [98, 99] запропоновано підходи, які дають можливість визначати фактичну температуру контрольованого об'єкта з врахуванням завантаження електрообладнання та температури навколишнього середовища.

В запропонованих моделях теплообмін визначається за рахунок випромінювання, конвекції та тепловіддачі, які характеризують вплив навколишнього середовища та завантаження електрообладнання на результати вимірювань. Розроблено комп'ютерну програму, яка

дозволяє автоматизувати процес ідентифікації температурного портрета об'єкта. Слід зазначити, що вказані моделі вимагають врахування багатьох параметрів і вимагають проведення серій розрахунків. В той же час ці моделі не дозволяють враховувати вплив інших факторів, що мають місце під час проведення теплових вимірювань.

Розв'язок подібної задачі, але для врахування зовнішніх факторів при проведенні теплового контролю трубопроводів, наведений в [100].

Викладений підхід передбачає розв'язання чисельними методами рівняння теплопровідності за сформульованими граничними і початковими умовами.

Очевидно, що елементи запропонованої математичної моделі можна використати і при розв'язанні подібних задач для діагностування електрообладнання.

Крім задач вимірювання теплового поля портрета електрообладнання та встановлення рівня працездатності у відповідності з [23, 93] в літературі зустрічаються публікації, що характеризують більш широке використання результатів тепловізійних досліджень.

Так, в роботах [101, 102] запропоновано математичні моделі, з яких в результаті тепловізійного контролю можливо оцінити експлуатаційні показники надійності контактних з'єднань.

Очевидно, що застосовуючи інші підходи і розроблюючи математичні моделі, можливо розв'язувати інші актуальні задачі з використанням засобів тепловізійних досліджень.

1.2. Методи і засоби тепловізійного діагностування об'єктів, що обертаються під час роботи

Як зазначалось вище, особливістю тепловізійного контролю електричних машин в процесі їх роботи є необхідність зняття теплових полів рухомих частин.

Отримання теплових портретів роторів електричних машин під час їх обертання навіть за допомогою сучасних швидкодійних

тепловізорів високої вартості ускладнено, оскільки окремі досліджувані сегменти теплового портрету накладаються один на другий і інформація про тепловий стан об'єкта втрачається.

Існує багато випадків, коли є необхідність визначення теплового стану електричної машини в процесі її роботи.

Зупинка електричної машини або групи електричних машин може призвести до невиправданих втрат, пов'язаних з недовипуском продукції, псуванням обладнання, матеріалів тощо.

Це свідчить про необхідність застосування специфічних підходів і засобів до діагностування електричних машин в процесі їх роботи.

Оскільки для сканування рухомих частин електричних машин потрібно мати інформацію про температуру об'єкта вздовж радіусу обертання, то очевидно, що тепловізор для реалізації поставленої задачі теж повинен здійснювати розгортку зображення в полярній системі координат.

В роботі [103] відзначається особлива важливість методів контролю теплового стану турбогенераторів, якими можна виявити дефекти, що не піддаються ідентифікації іншими методами діагностування. Показано, що всі теплові дослідження проводяться на непрацюючому обладнанні. Зроблено висновок про недостатню інформативність і коректність вимірювань існуючими засобами теплових параметрів турбогенераторів в процесі їх роботи, а також про необхідність застосування сучасних тепловізійних підходів.

Стаття [104] свідчить про успішне застосування сучасної тепловізійної техніки для ідентифікації теплових портретів електричних машин під час їх ремонтів або портретів статорів працюючих електричних машин.

Аналогічне вдале застосування тепловізійної техніки для виявлення дефектів статора тербогенератора описано в [105].

Як вказано в нормативній літературі [106, 107] тепловий контроль рухомих частин електричних машин не нормується і практично не застосовується.

Зазначимо, що серед відомих методів (не тепловізійних) вимірювання температури об'єктів, що обертаються, застосовується

той, що передбачає встановлення термопар на рухомих частинах об'єкта зі зняттям сигналу з них через ковзні контакти з подальшою обробкою інформації [108].

Очевидно, що такий метод не дозволяє визначати повний тепловий портрет об'єкта дослідження.

Для реалізації вказаного методу застосовуються пристрої, описані в роботах [109, 110], відмінність реалізації яких полягає у способі передачі сигналу з термочутливих елементів або з використанням безконтактних перетворювачів індукційного типу, або з використанням світловода та волоконно-оптичного перетворювача.

Відомий пристрій для вимірювання температури об'єкта, що обертається [111], принцип дії якого полягає у вимірюванні термопарою температури в пневмоциліндрі, корпус якого є валом, що обертається, який є складовою конструкції прокатного виробництва. Очевидно, що такий принцип вимірювання температури непридатний для застосування в електричних машинах.

В інших пристроях [112, 113] застосовується принцип, який передбачає вимірювання за допомогою мікрофона висоти та спектра звуку в камері, яка має резонуючу порожнину і яка є складовою об'єкта, що обертається, та змінює свій розмір в залежності від ступеня нагрівання об'єкта. Зазначений підхід має специфічне застосування – контроль нагрівання коліс рухомого складу в процесі його руху.

Подібний пристрій для вимірювання температури об'єкта, що обертається [114], передбачає закріплення на об'єкті надвисокочастотного резонатора з матеріалу з великим коефіцієнтом теплового розширення. В процесі роботи радіохвилі надвисокої частоти з джерела, що їх генерує, потрапляють на резонатор і перевипромінюються на приймальну апаратуру. Частота перевипромінювання сигналу залежить від розмірів резонатора, геометрія якого змінюється під дією температури об'єкта контролю.

Ще однією реалізацією принципу передачі сигналу від термопар індукційним методом з об'єкта, що обертається, є пристрій, опис якого викладений в [115].

Передбачається закріплення на валу об'єкта, що обертається,

діелектричного диска, на якому розташовані котушки, що з'єднані з сенсорами температури. В процесі обертання об'єкта імпульси з рухомих котушок передаються на нерухомі, внаслідок чого здійснюється ідентифікація сигналів і визначення значень температури.

Відомі пристрої для багатоточкового температурного контролю об'єктів, що обертаються [116, 117], особливістю реалізації яких є зняття сигналів з термопар через кільцевий перемикач, який закріплюється на валу об'єкта. Синхронізатор пристрою виконано із застосуванням діамантної пластини, який обертається синхронно з валом об'єкта, що дозволяє підвищити звадостійкість та роздільну здатність пристрою.

В роботі [118] запропоновано пристрій для вимірювання температури обмоток електричної машини під навантаженням, принцип дії якого полягає у опосередкованому визначенні потужності споживання та її перерахунку на температуру нагрівання об'єкта. Такий підхід дозволяє отримати лише загальну температуру електричної машини.

Інший пристрій [119] для визначення температури обмоток електричної машини передбачає введення в неї обмотки-термодатчика, за сигналами якої та з використанням блоків перетворення сигналу можна вимірювати температуру.

Слід зазначити, що в процесі експлуатації температуру статорних обмоток електричних машин визначають за допомогою вмонтованих термопар [107, 120]. Але такий підхід не дозволяє отримувати повну картину щодо нагрівання статора електричної машини.

Очевидно, що вказані пристрої не мають нічого спільного з оптичними методами вимірювання температури об'єктів, що обертаються. Зазначимо, що описані вище пристрої вимагають додаткових вкладень в кожний діагностований об'єкт, а отже вони не можуть застосовуватись для мобільного контролю теплового стану об'єкта дослідження.

В ряді пристроїв [121–124], які використовують оптичний канал для отримання інформації про температуру об'єкта, що обертається,

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 20911–89. Техническая диагностика. Термины и определения. – Взамен ГОСТ 20911–75; Введ. 01.01.91. – М.: Изд–во стандартов, 1990. – 13 с.
2. Сафронов С.В., Прохода О.К., Медеров В.А., Никитин А.В. Техническое диагностирование устройств промышленной энергетики после длительной эксплуатации. // Промышленная энергетика. – 1992. – №10. – С.33–36.
3. Сазыкин В.Г. Организационные аспекты эксплуатации изношенного электрооборудования // Промышленная энергетика. – 2000. – №4. – С.28–35.
4. ГОСТ 25314–82. Контроль неразрушающий тепловой. Термины и определения. – Введ. 01.07.83. – М.: Изд–во стандартов, 1982. – 10 с.
5. Госсорг Ж. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение: Пер. с франц. – М.: Мир, 1988. – 416 с., ил.
6. Егорова С.Д., Колесник В.А. Оптико–электронное преобразование изображений. – М.: Радио и связь, 1991. – 208 с.: ил.
7. Мирошников М.М. Теоретические основы оптико–электронных приборов: Учебное пособие для вузов. – Л.: Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1977. – 600 с. с ил.
8. Сизов Ф.Ф., Кравченко С.Л., Маслов В.П., Ефременко В.Г., Шустакова Г.В. Использование тепловизионной техники для дистанционного неразрушающего контроля строительных конструкций // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2004. – №1. – С.48–49.
9. Стороженко В.А., Мельник С.М., Кухарев Ю.А. Новые методики для анализа информации при тепловом контроле трубопроводов // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2001. – №2. – С.45–47.
10. Квашин В.А., Кислов Г.В. Опыт тепловизионного и пирометрического контроля внутренней чистоты труб поверхностей нагрева котлов // Энергетика и электрификация.

- 1990. – №3. – С.13–15.
11. Пат. 7090393 США, МКИ G 01 N 17 / 00. Using thermal imaging to prevent loss of steam turbine efficiency by detecting and correcting inadequate insulation at turbine startup: Пат. 7090393 США, МКИ G 01 N 17 / 00 / D.F. Loy, D.G. Menzel (США) General Electric Company, Inc. – № 10 / 318198; Заявл. 13.12.02; Оpubл. 15.08.06; НКИ 374/57. – 5 с.
 12. Заверткин И.А., Казаков Б.В., Островский Э.Я. и др. Диагностика подземных теплопроводов аэрофотосъемкой в инфракрасном излучении // Энергетик. – 1991. – №10. – С.11–13.
 13. Кужненко Е.Е., Сорокин В.А. Тепловизионный контроль состояния тепловой изоляции паропроводов // Энергетик. – 1990. – №3. – С.20.
 14. Пат. 20060244837 США, МКИ G 01 K 13 / 08. Thermal imaging device: Пат. 20060244837 США, МКИ G 01 K 13 / 08 / L. Ekeroth, T. Lannestedt, K. Lindstorm (США) Young & Thompson, Inc. – № 11 / 116444; Заявл. 28.04.05; Оpubл. 02.11.06; НКИ 348/211.2. – 5 с.
 15. Воронов С.А., Мурахов С.А., Гордийко Н.А. Применение тепловизионных систем для теплового неразрушающего контроля // Энергетика: економіка, технології, екологія. – 2002. – №4. – С.43–47.
 16. Маслова В.А., Стороженко В.А. Термография в диагностике и неразрушающем контроле. – Харьков: «Компания СМІТ», 2004. – 160 с.
 17. Стороженко В.А., Мешков С.Н., Мельник С.И., Криворучко В.И. Термография как средство теплового контроля и диагностики // Режим доступа к журналу: <http://ndt-vostok.com.ua/cool2.htm>.
 18. Пат. 5663562 США, МКИ H 04 N 5 / 33. Thermal imaging device: Пат. 5663562 США, МКИ H 04 N 5 / 33 / R. Jones, T. Gallagher, S.P. Shaffer (США) Hughes Electronics, Inc. – № 524199; Заявл. 06.09.95; Оpubл. 02.09.97; НКИ 250/332. – 17 с.
 19. Пат. 5682035 США, МКИ H 04 N 5 / 33. Thermal imaging device: Пат. 5682035 США, МКИ H 04 N 5 / 33 / T. Gallagher, R. Chin

20. Пат. 5737119 США, МКИ G 02 В 15 / 14. Thermal imaging device: Пат. 5737119 США, МКИ G 02 В 15 / 14 / G. Mladjan, P. Menard (США, Канада) Hughes Electronics, Inc. – № 524448; Заявл. 06.09.95; Опубл. 07.04.98; НКИ 359/353. – 16 с.
21. Хренников А.Ю., Щербаков В.В. Диагностика состояния электрооборудования электростанций и подстанций с помощью средств инфракрасной техники // Электро. – 2006. – №2. – С.15–20.
22. Михеев Г.М. Тепловизионный контроль высоковольтного электрооборудования // Электрические станции. – 1997. – №11. – С.59–61.
23. РД 153–34.0–20.363–99 Основные положения методики инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ.
24. Шумило В.Г. Возможности инфракрасной диагностики, опыт и результаты ее применения в ОАО «Луганскоблэнерго» // Энергетика и электрификация. – 2002. – №1. – С.33–35.
25. Ажищев Р.А., Ажищев А.И. Опыт тепловизионного контроля в АО «Ивэнерго» // Энергетик. – 2001. – №12. – С.42–43.
26. Хренников А.Ю., Щербаков В.В., Языков С.А., Петров А.С., Цыгикало Г.В. Системы мониторинга и опыт диагностики состояния электротехнического оборудования в ОАО «Самараэнерго» // Электро. – 2004. – №2. – С. 32–37.
27. Власов А.Б., Джура А.В. Результаты многолетнего использования тепловизора для контроля состояния электрооборудования в Колэнерго // Электрические станции. – 1996. – №8. – С.61–63.
28. Обложин В.А. Тепловизионный контроль при организации ремонтов электротехнического оборудования по его состоянию // Электрические станции. – 2000. – №6. – С.58–63.
29. Горбунов К.В., Попрыкин Ю.С., Соловьев А.В. О тепловизионном контроле электрооборудования // Энергетик. – 2002. – №2. – С.43.
30. Фоменков А.П. Использование тепловизионных систем

- диагностики для предупреждения аварий оборудования // Энергетик. – 2002. – №3. – С.46.
31. Ключко В.П., Сорокин А.Ю. Тисленко В.В. Тепловизионная диагностика дефектов элементов воздушных линий электропередачи // Энергетика и Электрификация. – 2000. – №7. – С.20–23.
 32. Вихров В.И. Опыт тепловизионного контроля ВЛ и трансформаторных подстанций // Энергетик. – 1992. – №8. – С.14.
 33. Иваненко В.Е., Чернов В.Ф. Оборудование и технология тепловизионного контроля линий электропередачи с вертолета МИ-2 // Энергетик. – 1990. – №3. – С.21–22.
 34. Обложин В.А. Контроль подвесной изоляции тепловизором // Электрические станции. – 1999. – №11. – С.58–63.
 35. Осотов В.Н., Осотов А.В. Некоторые аспекты диагностики средств защиты от перенапряжений приборами инфракрасной техники // Известия вузов. Электромеханика. – 1998. – №2–3. – С.65–68.
 36. Бойко А.Г., Чернов В.Ф. Тепловизионный контроль разрядников РВС // Энергетик. – 1990. – №10. – С.17–18.
 37. Андреев Л.Е., Снетков А.Ю. Тепловизионное обследование маслонаполненных вводов // Энергетик. – 1999. – №9. – С.35.
 38. Андреев Л.Е., Снетков А.Ю. Тепловизионное обследование вводов // Электрические станции. – 1999. – №4. – С.65–66.
 39. Малов А.А., Снетков А.Ю. Тепловизионное обследование силовых трансформаторов // Энергетик. – 2000. – №2. – С.34–35.
 40. Сапрыкин В.З. Опыт тепловизионного контроля трансформаторных подстанций // Энергетик. – 1993. – №9. – С.17–18.
 41. Новоселов О.О., Осотов В.Н. О тепловизионном контроле систем охлаждения мощных силовых трансформаторов // Электрические станции. – 2000. – №6. – С.63–65.
 42. Анцинов А.В. Контроль исправности систем охлаждения силовых трансформаторов с помощью тепловизора // Энергетик. – 2003. – №1. – С.25.

43. Анцинов А.В. Использование тепловизора для контроля исправности систем охлаждения силовых трансформаторов // Электро. – 2003. – №2. – С. 24–26.
44. Власов А.Б. Тепловизионный контроль высоковольтных трансформаторов напряжения // Электротехника. – 2004. – №1. – С. 42–47.
45. Мокин Б.И., Яблочников С.Л. Методы и средства получения и предварительной обработки тепловизионной информации. – Киев, Киев. политехн. ин-т, 1988. – 30 с., ил. – Деп. в Укр. НИИНТИ. – №1126 – УК88 от 10.05.86 г.
46. Сафронов Ю.П., Эльман Р.И. Инфракрасные распознающие устройства. – М.: Воениздат МО СССР, 1976. – 208 с.
47. Фотоприемники видимого и ИК диапазонов / Р.Дж. Киес, П.В. Крузе, Э.Г. Патли и др.; Под ред. Р.Дж. Киеса: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1985. – 328 с., ил.
48. Богомолов П.А. и др. Приемные устройства ИК-систем / П.А. Богомолов, В.И. Сидоров, И.Ф. Усольцев; Под ред. В.И. Сидорова. – М.: Радио и связь, 1987. – 208 с., ил.
49. Климов С.П. Опыт применения тепловизионной техники для контроля электроэнергетического оборудования // Энергетик. – 2002. – №1. – С.44.
50. Инфракрасные камеры: [Электронный ресурс]. – Режим доступа к журналу: <http://www.pergam.ru/teplo/>.
51. Вихров М.А. Тепловизоры NEC серии TH-7102 с интерфейсом IEEE-1394 // Энергетик. – 2002. – №5. – С.41.
52. Вихров М.А. Тепловизоры системы фирмы NEC (Япония) // Энергетик. – 2002. – №10. – С.40.
53. Чередеев Д.А. Сравнительные характеристики тепловизионных систем на микроболометрических матрицах // Энергетик. – 2002. – №10. – С.41.
54. Вихров М.А. Особенности новых моделей тепловизионных систем серии TH-7102 MX/WX NEC (Япония) // Энергетик. – 2001. – №10. – С.40.
55. Вихров М.А. Инфракрасная камера Thermo Tracer TH7102 NEC (Япония) // Энергетик. – 2001. – №6. – С.45.

56. Озеричкий И.М., Иванов О.Е. Новые решения в тепловизионных системах диагностики промышленного оборудования // Энергетик. – 2000. – №4. – С.45.
57. Носачев В.М., Поликарпов А.Н. Опыт эксплуатации портативного компьютерного термографа “ИРТИС–200” на энергетических объектах ОАО “Газпром” // Энергетик. – 2003. – №1. – С.26.
58. Измерительные приборы в промышленности. Каталог-справочник. – С.-П.: «Крисмас+». – 2000. – №7.
59. Пат. 2238529 Россия, МКИ G 01 J 5 / 60. Способ бесконтактного измерения температуры поверхности нагретых тел: Пат. 2238529 Россия, МКИ G 01 J 5 / 60 / В.А. Тюрин, П.Л. Алексеев (Россия) Роспатент. – № 2003111865/28; Заявл. 24.04.03; Оpubл. 20.10.04; Бюл. № 29. – 4 с.
60. Пат. 2149366 Россия, МКИ G 01 J 5 / 58, H 01 L 21 / 66. Способ бесконтактного измерения температуры: Пат. 2149366 Россия, МКИ G 01 J 5 / 58, H 01 L 21 / 66 / С.А. Дворецкий, С.А. Дулин, Н.Н. Михайлов, С.В. Рыхлицкий, Ю.Г. Сидоров (Россия) Роспатент. – № 98107404/28; Заявл. 14.04.98; Оpubл. 20.05.2000; Бюл. № 14. – 5 с.
61. Устройство бесконтактного измерения температуры: А.с. 1803747 СССР, МКИ G 01 J 5 / 60 / В.Л. Моисеев, В.Я. Секарэ (СССР). – № 4908788; Заявлено 07.02.91; Оpubл. 23.03.93, Бюл. № 11. – 3 с.
62. Пат. 4883962 США, МКИ G 01 T 1 / 22. Thermal imaging device: Пат. 4883962 США, МКИ G 01 T 1 / 22 / С.Т. Elliott (Англия) The Secretary of State for Defence in Her Britannic Majesty’s Government of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, Inc. – № 276202; Заявл. 23.06.81; Оpubл. 28.11.89; НКИ 250/334. – 13 с.
63. Пат. 2151382 Россия, МКИ G 01 J 5 / 60. Способ пирометрических измерений: Пат. 2151382 Россия, МКИ G 01 J 5 / 60 / Д.Я. Свет (Россия) Роспатент. – № 98113008/28; Заявл. 17.07.98; Оpubл. 20.06.2000; Бюл. № 17. – 8 с.
64. Тепловизор: А.с. 563742 СССР, МКИ H 04 N 5 / 33 /

- А.В. Линник, Л.А. Кирсенко, А.Ф. Горбачек, А.Ф. Рипка (СССР). – № 2152379/09; Заявлено 04.07.75; Оpubл. 23.07.77, Бюл. № 24. – 3 с.
65. Тепловизор: А.с. 565409 СССР, МКИ Н 04 N 5 / 33 / Е.Я. Кариженский (СССР). – № 1954691/09; Заявлено 20.08.73; Оpubл. 15.07.77, Бюл. № 26. – 2 с.
66. Сканирующее устройство для тепловизора: А.с. 632102 СССР, МКИ Н 04 N 5 / 33, Н 04 N 3 / 18 / Е.Я. Кариженский (СССР). – № 2160474/18–09; Заявлено 01.08.75; Оpubл. 05.11.78, Бюл. № 41. – 2 с.
67. Тепловизор: А.с. 1633518 СССР, МКИ Н 04 N 5 / 33 / А.Ф. Терещенко, В.А. Князев (СССР). – № 4382820/09; Заявлено 23.02.88; Оpubл. 07.03.91, Бюл. № 9. – 2 с.
68. Тепловизор: А.с. 657664 СССР, МКИ Н 04 N 5 / 33, Н 04 N 7 / 18 / Д.А. Рапопорт, И.П. Димитриенко, Г.А. Падолко и др. (СССР). – № 2461773/18–09; Заявлено 10.03.77; Оpubл. 15.04.79, Бюл. № 14. – 2 с.
69. Тепловизор: А.с. 1205316 СССР, МКИ Н 04 N 5 / 33 / Д.С. Бергер, А.С. Кюрегян (СССР). – № 3707225/24–09; Заявлено 05.03.84; Оpubл. 15.01.86, Бюл. № 2. – 2 с.
70. Пат. 1533464 Россия, МКИ G 01 J 5 / 28. Тепловизор: Пат. 1533464 Россия, МКИ G 01 J 5 / 28 / Б.А. Кузнецов, А.В. Колотилов (Россия) Роспатент. – № 4340539/25; Заявл. 12.10.87; Оpubл. 10.02.2000; Бюл. № 4. – 5 с.
71. Пат. 1489363 Россия, МКИ G 01 N 25 / 00. Тепловизор: Пат. 1489363 Россия, МКИ G 01 N 25 / 00 / Н.А. Бекешко, И.Д. Воронин, А.В. Ковалев (Россия) Роспатент. – № 4207003/25; Заявл. 05.02.87; Оpubл. 20.01.2000; Бюл. № 2. – 4 с.
72. Пат. 2244949 Россия, МКИ G 02 В 26 / 10, Н 04 N 5 / 33. Тепловизор с зонным сканированием: Пат. 2244949 Россия, МКИ G 02 В 26 / 10, Н 04 N 5 / 33 / А.И. Белоусов (Россия) Роспатент. – № 2003115653/28; Заявл. 26.05.03; Оpubл. 20.01.05; Бюл. № 2. – 22 с.
73. Устройство для измерения температуры: А.с. 496918 СССР, МКИ G 01 J 5 / 60 / А.А. Макух, В.Н. Селивестров,

- В.А. Цветков, Э.А. Шелковый (СССР). – № 1990464/26–25; Заявлено 28.01.74; Опубл. 07.12.83, Бюл. № 45. – 3 с.
74. Устройство для измерения температуры: А.с. 1696899 СССР, МКИ G 01 J 5 / 60 / В.С. Щепин (СССР). – № 4686219/25; Заявлено 03.05.89; Опубл. 07.12.91, Бюл. № 45. – 4 с.
75. Тепловизор: А.с. 1160610 СССР, МКИ Н 04 N 5 / 33 / В.И. Онес, Ю.В. Алексеев, С.И. Барановский (СССР). – № 3565246/24–09; Заявлено 09.03.83; Опубл. 07.06.85, Бюл. № 21. – 3 с.
76. Устройство для бесконтактного измерения температуры: А.с. 1644604 СССР, МКИ G 01 J 5 / 60 / Е.Д. Глазман, И.И. Новиков, Л.И. Дубсон и др. (СССР). – № 4668933/25; Заявлено 29.03.89; Опубл. 30.06.92, Бюл. № 24. – 3 с.
77. Тепловизор: А.с. 809658 СССР, МКИ Н 04 N 5 / 33 / А.С. Гордиенко, В.Ф. Бортников, А.В. Линник и др. (СССР). – № 2529435/18–09; Заявлено 23.09.77; Опубл. 28.02.81, Бюл. № 8. – 3 с.
78. Тепловизор: А.с. 1690214 СССР, МКИ Н 04 N 5 / 33 / В.П. Митин, А.Н. Чиванов, А.И. Криворучко, А.Н. Колянов (СССР). – № 4600840/09; Заявлено 31.10.88; Опубл. 07.11.91, Бюл. № 41. – 2 с.
79. Пат. 2058671 Россия, МКИ Н 04 N 5 / 33. Тепловизор: Пат. 2058671 Россия, МКИ Н 04 N 5 / 33 / Е.Я. Кариженский (Россия) Роспатент. – № 4201577/09; Заявл. 26.01.87; Опубл. 20.04.96; Бюл. № 11. – 6 с.
80. Приемник теплового изображения: А.с. 1665540 СССР, МКИ Н 04 N 5 / 33 / В.И. Петровский, Е.Ф. Певцов, В.В. Чернохохин (СССР). – № 4241315/09; Заявлено 08.04.87; Опубл. 23.07.91, Бюл. № 27. – 4 с.
81. Пат. 2213942 Россия, МКИ G 01 J 5 / 60. Устройство бесконтактного измерения температуры: Пат. 2213942 Россия, МКИ G 01 J 5 / 60 / В.Н. Бодров, Б.С. Мельников, Г.И. Обидин (Россия) Роспатент. – № 2002135318/28; Заявл. 27.12.02; Опубл. 10.10.03; Бюл. № 28. – 3 с.
82. Пат. 2152138 Россия, МКИ Н 04 N 5 / 33, А 61 В 5 / 00.

- Матричный тепловизор: Пат. 2152138 Россия, МКИ Н 04 N 5 / 33, А 61 В 5 / 00 / Б.Г. Вайнер, И.И. Ли, Г.Л. Курышев и др. (Россия) Роспатент. – № 98122166/09; Заявл. 30.11.98; Оpubл. 27.06.2000; Бюл. № 18. – 15 с.
83. E. Seeberger, I. Gates New technologies for staring infrared FPA radiometry // Infrared Technology and Applications XXIII. Proc. SPIE3061. – 1997. – P.811–822.
84. Пат. 2148802 Россия, МКИ G 01 J 5 / 38. Устройство регистрации теплового излучения: Пат. 2148802 Россия, МКИ G 01 J 5 / 38 / В.М. Базовкин, Г.Л. Курышев (Россия) Роспатент. – № 99101560/28; Заявл. 27.01.99; Оpubл. 10.05.2000; Бюл. № 13. – 10 с.
85. Пат. 2231759 Россия, МКИ G 01 J 5 / 38. Устройство регистрации теплового излучения: Пат. 2231759 Россия, МКИ G 01 J 5 / 38 / В.М. Базовкин, Г.Л. Курышев, В.Г. Половинкин (Россия) Роспатент. – № 2002135784/28; Заявл. 30.12.02; Оpubл. 27.06.04; Бюл. № 18. – 6 с.
86. Пат. 5844238 США, МКИ G 01 J 5 / 38. Infrared imager using room temperature capacitance sensor: Пат. 5844238 США, МКИ G 01 J 5 / 38 / D.J. Sauer, R.U. Martinelli, P.A. Levine (США) David Sarnoff Research Center, Inc. – № 622263; Заявл. 27.03.96; Оpubл. 01.12.98; НКИ 250/332. – 8 с.
87. Tohru Ishizuя, Junji Suzuki Optically readable infrared Detector // Proc. SPIE. – 2001. – Vol. 4369. – P.342.
88. Череев Д.А. Особенности измерения температуры с помощью пирометров // Энергетик. – 2001. – №10. – С.44.
89. Сильвестров А.Л. Особенности развития пиротепловизионной техники для энергетики // Энергетик. – 2001. – №11. – С.27–28.
90. Порев В.А. Телевизионная пирометрия // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2002. – №4. – С.36–39.
91. Пат. 2046306 Россия, МКИ G 01 J 5 / 60. Цифроаналоговый пирометр: Пат. 2046306 Россия, МКИ G 01 J 5 / 60 / В.А. Данилов (Россия) Роспатент. – № 93009883/25; Заявл. 24.02.93; Оpubл. 20.10.95; Бюл. № 29. – 5 с.
92. Анализ нарушений в работе электроустановок и рекомендации

- персоналу // Служба передового опыта ПО “Союзтехэнерго” / Под ред. Ф.Л. Кочана. – 1990. – Вып. 1, 2.
93. РД 34.45–51.300.97 Объем и нормы испытаний электрооборудования.
94. Бажанов С.А. О втором издании “Основных положений методики инфракрасной диагностики электрооборудования и ВЛ” // Энергетик. – 2001. – №8. – С.41.
95. Дроздов В.А., Сухарев В.И. Термография в строительстве. – М.: Стройиздат, 1987. – 238 с.
96. Осотов В.Н., Осотов А.В. Методические особенности оценки состояния силового электрооборудования приборами инфракрасной техники // Известия вузов. Электромеханика. – 2001. – №2. – С.82–83.
97. Лут М.Т., Смаглюк Ю.В. Використання тепловізійних систем діагностування для попередження аварій електрообладнання // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. – 2005. – №3(12). – С.69–75.
98. Власов А.Б. Обработка и анализ данных тепловизионного контроля электрооборудования // Электротехника. – 2002. – №7. – С.37–43.
99. Власов А.Б., Джура А.В. Анализ данных тепловизионного контроля электрооборудования в Колэнерго // Электрические станции. – 2002. – №7. – С.47–50.
100. Мельник С.И., Кухарев Ю.А. Учет влияния внешних факторов при проведении теплового контроля трубопроводов // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2001. – №4. – С.50–52.
101. Власов А.Б., Джура А.В. Оценка параметров надежности контактных соединений по данным тепловизионного контроля // Электротехника. – 2002. – №6. – С.2–5.
102. Власов А.Б. Расчет эксплуатационных показателей надежности контактных соединений с помощью тепловизионного контроля // Электротехника. – 2002. – №8. – С.30–35.
103. Григорьев А.В., Осотов В.Н. О совершенствовании и расширении методов контроля теплового состояния

104. Ростик Г.В., Павлов Е.В., Стрижнов В.Д. О тепловизионном контроле электрических машин и электрооборудования // Энергетик. – 2002. – №8. – С.46.
105. Хренников А.Ю., Еганов А.Ф., Смолин А.Ю., Щербаков В.В., Языков С.А. Тепловизионный контроль генераторов и импульсное дефектографирование силовых трансформаторов // Электрические станции. – 2001. – №8. – С.48–52.
106. Методические указания по проведению испытаний генераторов на нагревание. РД–34.45.309–92. – М.: СПО ОРГРЭС, 1993.
107. Типовая инструкция по эксплуатации генераторов на электростанциях. РД–34.45.501–88. – М.: Союзтехэнерго, 1989.
108. Пат. 2093802 Россия, МКИ G 01 K 13 / 08. Способ измерения температуры вращающихся объектов термпарой: Пат. 2093802 Россия, МКИ G 01 K 13 / 08 / С.Ф. Корндорф, Т.И. Ногачева, Е.В. Плахова (Россия) Роспатент. – № 95102601/28; Заявл. 14.02.95; Опубл. 20.10.97; Бюл. № 29. – 4 с.
109. Пат. 2110050 Россия, МКИ G 01 K 13 / 08. Устройство для измерения температуры вращающихся объектов: Пат. 2110050 Россия, МКИ G 01 K 13 / 08 / Н.Н. Васин (Россия) Роспатент. – № 95104653/28; Заявл. 29.03.95; Опубл. 27.04.98; Бюл. № 12. – 6 с.
110. Устройство для измерения температуры вращающегося объекта: А.с. 535024 СССР, МКИ G 01 K 13 / 08 / М.Ф. Зарипов, Н.И. Гиниятуллин (СССР). – № 2130138/10; Заявлено 22.04.75; Опубл. 27.06.05, Бюл. № 18. – 3 с.
111. Пат. 1737965 Россия, МКИ G 01 K 13 / 08. Устройство для измерения температуры вращающегося объекта: Пат. 1737965 Россия, МКИ G 01 K 13 / 08 / Л.Д. Ломтев, С.Ю. Уразов, Г.И. Небаба и др. (Россия) Роспатент. – № 4747924/10; Заявл. 11.10.89; Опубл. 30.05.92; Бюл. № 20. – 4 с.
112. Пат. 2256888 Россия, МКИ G 01 K 11 / 22, G 01 K 13 / 08. Устройство для измерения температуры вращающегося объекта: Пат. 2256888 Россия, МКИ G 01 K 11 / 22, G 01 K 13 / 08 / А.М.

113. Пат. 2256889 Россия, МКИ G 01 K 11 / 22, G 01 K 13 / 08. Устройство для измерения температуры на вращающихся объектах: Пат. 2256889 Россия, МКИ G 01 K 11 / 22, G 01 K 13 / 08 / А.М. Пугин, Т.В. Проц, А.А. Загиров (Россия) Роспатент. – № 2004100892/28; Заявл. 09.01.04; Опубл. 20.07.05; Бюл. № 20. – 4 с.
114. Устройство для измерения температуры вращающихся объектов: А.с. 386280 СССР, МКИ G 01 K 13 / 08 / Д.И. Аркадьев, А.М. Ким, Б.М. Милинкис (СССР). – № 1493475/18–10; Заявлено 19.11.70; Опубл. 14.06.73, Бюл. № 26. – 2 с.
115. Пат. 2142121 Россия, МКИ G 01 K 13 / 08. Устройство для измерения температуры вращающихся объектов: Пат. 2142121 Россия, МКИ G 01 K 13 / 08 / Н.Н. Васин, А.Ю. Петров (Россия) Роспатент. – № 96120535/28; Заявл. 08.10.96; Опубл. 27.11.99; Бюл. № 33. – 7 с.
116. Пат. 2071699 Россия, МКИ G 01 K 13 / 08. Устройство для многоточечного бесконтактного температурного контроля вращающихся объектов: Пат. 2071699 Россия, МКИ G 01 K 13 / 08 / Б.П. Фридман, В.С. Жернаков (Россия) Роспатент. – № 94006652/28; Заявл. 23.02.94; Опубл. 10.01.97; Бюл. № 1. – 3 с.
117. Пат. 2125718 Россия, МКИ G 01 K 13 / 08. Устройство для многоточечного бесконтактного температурного контроля вращающихся объектов: Пат. 2125718 Россия, МКИ G 01 K 13 / 08 / Б.П. Фридман, В.С. Жернаков, О.Б. Фридман (Россия) Роспатент. – № 97105294/28; Заявл. 01.04.97; Опубл. 27.01.99; Бюл. № 3. – 7 с.
118. Пат. 2035706 Россия, МКИ G 01 K 13 / 08. Устройство для измерения превышения температуры обмоток электрической машины переменного тока под нагрузкой: Пат. 2035706 Россия, МКИ G 01 K 13 / 08 / Д.Я. Носырев, А.В. Махалов (Россия) Роспатент. – № 5000585/10; Заявл. 09.07.91; Опубл. 20.05.95; Бюл. № 14. – 4 с.

119. Пат. 2017091 Россия, МКИ G 01 K 13 / 08. Устройство для измерения температуры обмотки электрической машины: Пат. 2017091 Россия, МКИ G 01 K 13 / 08 / А.Д. Ефимов, Ю.К. Иванов, С.Л. Лабо (Россия) Роспатент. – № 4942746/10; Заявл. 03.04.91; Оpubл. 30.07.94; Бюл. № 14. – 4 с.
120. Пат. 7111983 США, МКИ G 01 K 1 / 08. Temperature detection method and apparatus for inverter-driven machines: Пат. 7111983 США, МКИ G 01 K 1 / 08 / J.A. Hudson (США) Reliance Electric Technologies, LLC, Inc. – № 10 / 823178; Заявл. 13.04.04; Оpubл. 26.09.06; НКИ 374/152. – 13 с.
121. Устройство для измерения температуры вращающихся объектов: А.с. 1026023 СССР, МКИ G 01 K 13 / 08 / В.Н. Бондар, В.Н. Николаев, Г.М. Федоренко, Д.В. Алексеенко (СССР). – № 3401507/18–10; Заявлено 25.02.82; Оpubл. 30.06.83, Бюл. № 24. – 3 с.
122. Устройство для измерения температуры вращающихся объектов: А.с. 1278627 СССР, МКИ G 01 K 13 / 08 / В.А. Рыбкин, Ю.М. Савельев (СССР). – № 3932134/24–10; Заявлено 19.07.85; Оpubл. 23.12.86, Бюл. № 47. – 2 с.
123. Устройство для измерения температуры вращающихся объектов: А.с. 1742643 СССР, МКИ G 01 K 13 / 08 / В.А. Пашистый, П.И. Ванкевич, И.В. Кузьо и др. (СССР). – № 4788643/10; Заявлено 07.02.90; Оpubл. 23.06.92, Бюл. № 23. – 3 с.
124. Устройство для бесконтактного измерения температуры вращающихся объектов: А.с. 1770782 СССР, МКИ G 01 K 13 / 08 / А.Б. Ломакин, А.Л. Никитюк, В.А. Рыбкин (СССР). – № 4850612/10; Заявлено 17.07.90; Оpubл. 23.06.92, Бюл. № 39. – 3 с.
125. Устройство для измерения параметров вращающихся объектов: А.с. 1583756, МКИ G 01 J 5 / 60, G 01 P 3 / 36, G 01 C 19 / 64 / Б.И. Мокин, С.Л. Яблочников (СССР). – № 4480050/31–25; Заявлено 14.07.88; Оpubл. 07.08.90, Бюл. № 29. – 6 с.
126. Устройство для измерения параметров вращающихся объектов, преимущественно температуры, скорости и радиальных биений: А.с. 1015270 СССР, МКИ G 01 K 13 / 08 / Н.А. Романюк, А.М. Костецкий, В.М. Габа (СССР). – № 3328310/18–10;

- Заявлено 11.06.81; Оpubл. 30.04.83, Бюл. № 16. – 3 с.
127. Устройство для бесконтактного измерения температуры: А.с. 1563366 СССР, МКИ G 01 K 13 / 08, G 01 J 5 / 28 / Б.И. Мокин, С.Л. Яблочников (СССР). – № 4442773/24–10; Заявлено 20.06.88; Оpubл. 07.05.90, Бюл. № 17. – 5 с.
128. Устройство для измерения температуры: А.с. 1676337 СССР, МКИ G 01 K 13 / 08, G 01 J 5 / 28 / Б.И. Мокин, С.Л. Яблочников (СССР). – № 4698991/10; Заявлено 25.04.89; Оpubл. 07.09.91, Бюл. № 33. – 8 с.
129. Устройство для измерения температуры вращающихся объектов: А.с. 1637498 СССР, МКИ G 01 K 13 / 08, G 01 J 5 / 28 / Б.И. Мокин, С.Л. Яблочников (СССР). – № 4676394/10; Заявлено 11.04.89; Оpubл. 23.03.91, Бюл. № 11. – 6 с.
130. Устройство для бесконтактного измерения температуры: А.с. 1818943 СССР, МКИ G 01 J 5 / 28 / Б.И. Мокин, С.Л. Яблочников (СССР). – № 4782756/25; Заявлено 15.01.90; Оpubл. 30.05.93, Бюл. № 20. – 8 с.
131. Устройство для измерения температуры движущихся объектов: А.с. 1678132 СССР, МКИ G 01 K 13 / 06, G 01 J 5 / 28 / Н.Р. Кондратенко, Б.И. Мокин, С.Л. Яблочников (СССР). – № 4740838/10; Заявлено 28.09.89; Оpubл. 15.09.91, Бюл. № 34. – 10 с.
132. Устройство для измерения температуры движущихся объектов: А.с. 1823606 СССР, МКИ G 01 K 13 / 06, G 01 J 5 / 28 / Б.И. Мокин, С.Л. Яблочников (СССР). – № 4826438/10; Заявлено 10.04.90; Оpubл. 23.06.93, Бюл. № 23. – 11 с.
133. Стороженко В.А., Мешков С.Н., Гаптракипов А.А. Теплофизическое моделирование процессов выявления дефекта в объектах цилиндрической формы при тепловом неразрушающем контроле // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2004. – №4. – С.37–40
134. Яблочников С.Л. Методы и средства получения и предварительной обработки информации в задачах тепловизионной диагностики: Дис... канд. Техн. наук: 05.11.16. – Винница, 1990. – 202 с.

135. Завальнюк Е.А. Методы и средства повышения точности тепловизионных измерений в задачах диагностики: Дис... канд. Техн. наук: 05.11.16. – Вінниця, 1994. – 282 с.
136. Моделирование сложных систем: (информационный подход). А.Г. Ивахненко. – В.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. – 63 с.
137. Грабко В.В. Синтез структуры тепловізійного пристрою контролю теплових полів електричних машин в процесі їх роботи // Вісник ВПШ. – 2007. – №1. – С. 53 – 57.
138. Дьяконов В.П., Абраменкова И.В. MathCAD 7.0 в математике, физике и в Internet. – М.: Нолидж, 1998. – 352 с., ил.
139. Математичні методи ідентифікації електромеханічних процесів. Частина 1. Ідентифікація електромеханічних процесів в лінійних детермінованих системах з зосередженими параметрами: Навчальний посібник / Б.І. Мокін, В.Б. Мокін. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 1998. – 153 с.
140. Ивахненко А.Г., Степашко В.С. Помехоустойчивость моделирования. – К.: Наук. думка, 1985. – 216 с.
141. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Определения, теоремы, формулы. – М.: Наука, 1984. – 831 с.
142. Грабко В., Грабко В. До питання підвищення точності тепловізійного контролю електричних машин, що обертаються // Книга за матеріалами VII-ої міжнар. науково-техн. конф. «Контроль і управління в складних системах» (КУСС–2003). – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця. – 2003. – С.184.
143. Грабко В.В., Грабко В.В. До питання контролю теплового портрета електричних машин, що обертаються // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірка наукових праць. Тематичний випуск Збірник наукових праць «Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика». – Харків: НТУ «ХПІ», 2003, № 10. – Т. 1. – С.500 – 501.
144. Грабко В.В., Грабко В.В. Математична модель для коригування геометричних спотворень теплового портрета об'єктів, що обертаються // Вісник Кременчуцького державного

- політехнічного університету. Збірка наукових праць. – Кременчук: КДПУ, 2005. – Вип. 4/2005 (33). – С. 148 – 149.
145. Анализ нарушений в работе электроустановок и рекомендации персоналу // Служба передового опыта ПО «Союзтехэнерго» / Под ред. Ф.Л. Когана. – 1990. – Вып. 1, 2.
146. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 167 с.
147. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 1999. – 320 с.
148. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ–Петербург, 2003. – 736 с.: ил.
149. Грабко В.В., Грабко В.В. До питання підвищення вірогідності контролю теплового портрета електроенергетичних об'єктів // 3-я Всеукраїнська науково-технічна конференція «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів». Тези наукових доповідей. – Кременчук: КДПУ, 2004. – С.10.
150. Грабко Валентин. Математична модель для коригування температурного поля теплових зображень // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірка наукових праць. Тематичний випуск Збірник наукових праць «Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика». – Харків: НТУ «ХПІ», 2005, № 45. – С.354 – 355.
151. Грабко В. Математична модель тепловізійного контролю електрообладнання на основі теорії нечітких множин // Книга за матеріалами VIII-ої міжнар. Науково-техн. конф. «Контроль і управління в складних системах» (КУСС–2005). – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця. – 2005. – С.32.
152. Грабко В.В., Грабко В.В. Математична модель для коригування температурних зображень об'єктів при контролі електрообладнання // Міжвідомчий науково-технічний збірник “Електромашинобудування та електрообладнання”. Випуск 66. Тематичний випуск “Проблеми автоматизованого

- электропривода. Теория і практика”. – К.: Техніка. – 2006. – С.394 – 396.
- 153.Грабко В.В., Грабко В.В. Підвищення точності тепловізійного контролю електрообладнання в умовах дії зовнішніх чинників // XIII Міжнародна конференція з автоматичного управління (Автоматика–2006). Тези доповідей тринадцятої міжнародної науково-технічної конференції. м. Вінниця, 25–28 вересня 2006 року. – Вінниця, УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2006. – С. 159.
- 154.Батищев Д.И. Методы оптимального проектирования. – М.: Радио и связь, 1984. – 305 с.
- 155.Батищев Д.И., Исаев С.А. Оптимизация многоэкстремальных функций с помощью генетических алгоритмов. – ВГТУ. – 1997.
- 156.Кондратенко Н.Р., Куземко С.М. Оптимізація багатоекстремальних функцій за допомогою одного генетичного алгоритму // Наукові вісті Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – 2002. – №1. – С. 42–47.
- 157.Исаченко В.П. и др. Теплопередача: Учеб. для вузов / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с., с ил.
- 158.Юдаев Б.Н. Техническая термодинамика. Теплопередача: Учеб. для неэнергетич. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1988. – 479 с.: ил.
- 159.Иванов В.Н., Иванов В.В. Проектирование аналоговых систем на специализированных БИС. – Л.: ЦНИИ «Румб», 1988. – 139 с.
- 160.Тетельбаум И.М., Шнейдер Ю.Р. Практика аналогового моделирования динамических систем: Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 384 с.
- 161.Захаров В.Н., Поспелов Д.А., Хазацкий В.Е. Системы управления – Задание. Проектирование. Реализация. 2-е изд., перераб. и доп., – М.: Энергия, 1977. – 424 с., ил.
- 162.Захаров В.Н. Автоматы с распределенной памятью. – М.: Энергия, 1975. – 136 с., ил.
- 163.Шило В.Л. Популярныe цифровые микросхемы: Справочник. – М.: Радио и связь, 1987. – 352 с.

164. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник / С. В. Якубовский, Л. И. Ниссельсон, В. И. Кулешова и др.; Под ред. С. В. Якубовского. – М.: Радио и связь, 1990. – 496 с.
165. Щербаков В. И., Грездов Т. И. Электронные схемы на операционных усилителях: Справочник. – К.: Техника, 1983. – 213 с., ил.
166. Алексенко А. Г., Коломбет Е. А., Стародуб Г. И. Применение прецизионных аналоговых микросхем. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1985. – 304 с., ил.
167. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 2-х томах. Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – Т. 1. – 598 с., ил.
168. Пат. 19467 Україна, МПК G 01 K 13 / 00, Пристрій для безконтактного вимірювання температури: Пат. 19467 Україна, МПК G 01 K 13 / 00 / В. В. Грабко (Україна) Держпатент. – № у 2006 07120; Заявл. 26.06.2006; Опубл. 15.12.2006; Бюл. № 12. – 8 с.
169. Пат. 14687 Україна, МПК G 07 K 13 / 00, Пристрій для безконтактного вимірювання температури: Пат. 14687 Україна, МПК G 07 K 13 / 00 / В. В. Грабко (Україна) Держпатент. – № у 2005 12052; Заявл. 15.12.2005; Опубл. 15.05.2006; Бюл. № 5. – 5 с.
170. Пат. 19736 Україна, МПК G 01 K 13 / 00, Пристрій для безконтактного вимірювання температури: Пат. 19736 Україна, МПК G 01 K 13 / 00 / В. В. Грабко (Україна) Держпатент. – № у 2006 08602; Заявл. 31.07.2006; Опубл. 15.12.2006; Бюл. № 12. – 7 с.
171. Пат. 19737 Україна, МПК G 01 K 13 / 00, Пристрій для безконтактного вимірювання температури: Пат. 19737 Україна, МПК G 01 K 13 / 00 / В. В. Грабко, В. В. Грабко (Україна) Держпатент. – № у 2006 08603; Заявл. 31.07.2006; Опубл. 15.12.2006; Бюл. № 12. – 7 с.
172. Пат. 20999 Україна, МПК G 01 K 13 / 00, Пристрій для безконтактного вимірювання температури: Пат. 20999 Україна, МПК G 01 K 13 / 00 / В. В. Грабко, В. В. Грабко (Україна) Держпатент. – № у 2006 09955; Заявл. 18.09.2006; Опубл. 15.02.2007; Бюл. № 2. – 7 с.
173. Висновок про видачу деклараційного патенту на корисну

- 174.Справочник по ремонту турбогенераторов/ Гурвич В.С., Гурьев И.Я., Каплуновский М.И. и др.; Под ред. П.И. Устинова. – М.: Энергия, 1978.
- 175.Грабко В.В. До питання визначення стану ізоляції статорів потужних електричних машин // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ, 2006. – Вип. 4/2006 (39). Частина 1. – С. 112 – 113.
- 176.Вершинин О.Е. Применение микропроцессоров для автоматизации технологических процессов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. – 208 с.
- 177.Применение микропроцессорной техники для регулирования напряжения в электрических сетях / Н.Г. Вишняков, В.И. Кочкин. В.К. Стрюцков // Обз. инф. Сер. Средства и системы управления в энергетике. // Информэнерго. – 1990. – №2. – С. 1–58.
- 178.Шевкопляс Б.В. Микропроцессорные структуры. Инженерные решения: Справочник. – 2-е изд. перераб и доп. – М.: Радио и связь, 1990. – 512 с.
- 179.Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных микросхем: Справочник / Б.Б. Абрайтис, Н.Н. Аверьянов, А.И. Белоус и др. – М.: Радио и связь, 1988. – 368 с.
- 180.Чумаченко І.В., Кошовий М.Д., Лопатин В.В. Мікроконтролерні прилади: структура і використання: Навчальний посібник. – Харків: Нац. аерокосмічний ун-т «ХАІ», 2001. – 277 с.
- 181.Федорков Б.Г., Телец В.А. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.
- 182.Atmel Corporation: [Електронний ресурс]. – Режим доступу до журналу: <http://www.atmel.com/>.

183. Грабко В. Мікропроцесорний тепловізійний пристрій для контролю об'єктів, що здійснюють обертальний рух // VI науково-технічна конференція «Приладобудування 2007: стан і перспективи». Збірник тез доповідей. – К.: НТУУ «КПІ», 2007. – С. 92.
184. СТП 0.27.XXX-2003. Техническое диагностирование электрооборудования и контактных соединений электроустановок средствами инфракрасной техники. Организация, порядок проведения и методические указания. – Славутин: Изд-во стандартов, 2003. – 219 с.
185. Дунаев Б.Б. Точность измерений при контроле качества. –К.: Техніка, 1981. – 152 с.
186. Справочник по теории вероятностей и математической статистике / В.С. Королюк, Н.И. Портенко, А.В. Скороход, А.Ф. Турбин. – М.: Наука, 1985. – 640 с.
187. Венцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. –М.: Наука, 1991. – 384 с.
188. Володарський Є.Т., Москаленко І.П. Підвищення вірогідності контролю з застосуванням адаптивного алгоритму // Наукові вісті НТУУ «КПІ». –1999. –№3. – С.111 – 114.
189. Основи метрології та вимірювальної техніки: У 2 т. / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник та інші / За ред. Б. Стадника. – Львів.: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2005. – Т.1: Основи метрології. – 530 с.
190. Турбогенераторы синхронные трехфазные серии Т мощностью 2500...12000 кВт. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ОВЖ 412.054 ТО. – М.: СПО ОРГРЭС, 1989.

Наукове видання

**Грабко Володимир Віталійович
Грабко Валентин Володимирович**

**МЕТОДИ І ЗАСОБИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ,
ЩО ОБЕРТАЮТЬСЯ, ЗА ТЕПЛОВИМИ ПОЛЯМИ**

Монографія

Редактор С. Малішевська

Оригінал макет підготовлено Валентином Грабком

Видавництво ВНТУ «УНІВЕРСУМ-Вінниця»
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001 р.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114
Тел. (0432) 59-85-32

Підписано до друку 08.07.2008 р.
Формат 29,7×42 ¼ Папір офсетний
Гарнітура Times New Roman
Друк різнографічний Ум. др. арк. 14,73
Наклад 100 прим. Зам. № 2008-100

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001 р.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114
Тел. (0432) 59-81-59